

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-362702

(43)Date of publication of application : 15.12.1992

(51)Int.Cl.

G05B 19/19  
G05B 19/18  
G05B 19/407  
G05D 3/00  
G05D 3/12  
G05D 3/12

(21)Application number : 03-163334

(71)Applicant : FANUC LTD

(22)Date of filing : 10.06.1991

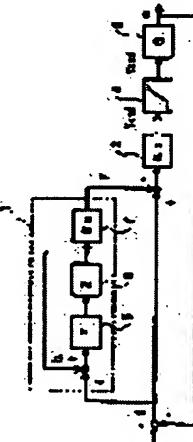
(72)Inventor : TOYOSAWA YUKIO  
MAEDA KAZUOMI

## (54) VELOCITY CONTROL SYSTEM IN REPETITIVE CONTROL

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To prevent such a case where a servo motor is driven at an extraordinarily high speed in the repetitive control of the servo motor where the repetitive operations are carried out in the same pattern.

**CONSTITUTION:** A repetitive controller 1 adds the correction data (y) obtained based on the positional deviation in a relevant sampling state preceding a repetitive pattern by one cycle to a positional deviation E. This deviation E is multiplied by the position gain Kp2 so that a velocity command Vcmd is obtained, and another velocity command Vcmd' is obtained when the upper limit level of the command Vcmd is clamped by a clamp circuit 4. Then the velocity loop processing is carried out based on the command Vcmd' and a servo motor is driven. Thus the velocity command is not extraordinarily increased and the velocity of the servo motor is not extraordinarily increased even when the value corrected by the repetitive control is first added to the positional deviation in the second cycle of the repetitive pattern starting its operation because the velocity command is clamped.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-362702

(43) 公開日 平成4年(1992)12月15日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 05 B 19/19	W 9064-3H			
19/18	E 9064-3H			
19/407	Q 9064-3H			
G 05 D 3/00	V 9179-3H			
	X 9179-3H			

審査請求 未請求 請求項の数1(全9頁) 最終頁に続く

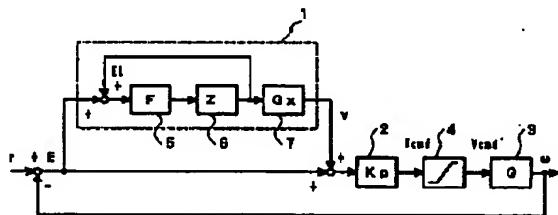
(21) 出願番号	特願平3-163334	(71) 出願人	390008235 フアナツク株式会社 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地
(22) 出願日	平成3年(1991)6月10日	(72) 発明者	豊沢 雪雄 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 フアナツク株式会社商品開発研究所内
		(72) 発明者	前田 和臣 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 フアナツク株式会社商品開発研究所内
		(74) 代理人	弁理士 竹本 松司 (外2名)

(54) 【発明の名称】 繰り返し制御における速度制御方式

(57) 【要約】

【目的】 同一パターンで繰り返し動作を行なうサーボモータの繰り返し制御において、サーボモータが異常に高速に駆動されることを防止する。

【構成】 繰り返しコントローラ1で、繰り返しパターンの1周期前の当該サンプリング時の位置偏差に基づいて得られる補正データyを位置偏差Eに加算する。この加算された位置偏差にポジショニングゲインKpを乗じて速度指令Vcmdを求め、さらに、クランプ回路4で該速度指令Vcmdの上限をクランプした速度指令Vcmd'を求め、この速度指令Vcmd'に基づいて速度ループ処理(3)を行ないサーボモータを駆動する。速度指令をクランプするので、動作開始の繰り返しパターン2周期目に繰り返し制御による補正值が始めて位置偏差に加算された時でも、速度指令は異常に増大せず、サーボモータの速度は異常に高速にはならない。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一パターンを所定周期で繰り返す位置指令によってサーボモータを制御し、当該サンプリング時に対応する上記所定周期の1周期前の位置偏差に基づいて補正データを求め、該補正データで当該サンプリング時の位置偏差を補正する繰り返し制御を行なうサーボモータの制御方式において、上記補正された位置偏差に基づいて得られる速度指令が設定されたクランプ値を越えるときは、そのクランプ値を速度指令値とする繰り返し制御における速度制御方式。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、工作機械等に用いられるサーボモータの制御に関するもので、特に、所定周期で同一パターンが繰返し指令されるような制御に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 サーボモータの制御において、所定周期で同じパターンで繰返される指令に対し、位置偏差を零に収束させ高い精度のモータ制御を行い加工精度を向上させる方法として、繰り返し制御方式が用いられている。

【0003】 図5は、上記繰り返し制御方式を適用したサーボモータの制御における要部ブロック線図である。図5において、 $r$  は位置指令、 $E$  は該位置指令  $r$  と実際の位置  $w$  との差である位置偏差、 $2$  は位置ループ伝達関数で  $K_p$  はポジションゲインである。また、 $3$  は速度ループの伝達関数で従来から公知のように  $P$  I 制御等を行うものである。そして、繰り返し制御を行うために繰り返しコントローラ1が付加されており、該繰り返しコントローラ1は帯域制限フィルタ5、所定周期Lで繰返される1周期分のデータを記憶する遅れ要素6、及び、制御対象の位相遅れ、ゲイン低下を補償するための動特性補償要素7で構成されている。

【0004】 上記繰り返しコントローラ1は所定サンプリング周期T毎に位置偏差Eに遅れ要素6から出力される1周期L前のサンプリング時のデータELを加算し、帯域制限フィルタ5の処理を行って遅れ要素6にそのデータを格納する。遅れ要素6はN( $=L/T$ )個のメモリを有し、1周期L分の各サンプリングデータを記憶できるようになっており、各サンプリング時には一番古いデータを出力するようになっている。即ち、各サンプリング毎1番地シフトして0番地のメモリに入力データを格納し、N-1番地のデータを出力する。その結果、遅れ要素6の出力は1周期L分遅れたサンプリングデータが出力される。そのため、周期Lで同一パターンの位置指令  $r$  が与えられるから、位置偏差Eと遅れ要素6の出力が加算されて、位置指令  $r$  のパターン上において同一位置のデータが補正用のデータとして記憶されることとなる。

【0005】 また、遅れ要素6の出力は動特性補償要素

2

7で制御対象の位相遅れ、ゲイン低下が補償されて、繰り返しコントローラ1の出力として補正データyが出力され、該補正データyが位置偏差Eに加算されて、この加算データによって位置ループ処理が実行される。

【0006】 その結果、所定周期Lで同一パターンの位置が繰返され、あるサンプリング時において前周期で当該サンプリング時に対応するサンプリング時の位置偏差Eが大きな値の場合には、今周期においては、繰り返しコントローラ1から大きな値の出力yが出力され、位置偏差に加算されることとなるから、位置ループ処理に入力される位置偏差は大きく変り、実位置wもそれに対して変化するから、位置偏差Eはその値が零に収束するよう修正されることになり、高精度のモータ制御が可能となる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上述した繰り返し制御によるサーボモータの制御では、位置指令の初めの1周期間は、遅れ要素6にデータが記憶されておらず、補正データyは0のため、繰り返しコントローラによる補正がなされずに制御が行なわれ、2周期目になって初めて0でない補正データyが出力される。そのため、繰り返しコントローラから出力yが始まる2周期の始めに補正された位置偏差が非常に大きくなり、位置ループ処理によりこの位置偏差にポジショニングゲインを乗じて得られる速度指令が非常に大きくなるため、サーボモータの最高速度を越えてしまうことがあり危険である。

【0008】 この点についてさらに説明すると、図6は繰り返し制御を行なわない時のシミュレーションにおけるサーボモータの位置、速度及び位置偏差を示す図である。図6(a)に実線で示すように指令速度で移動指令が与えられても、サーボモータはただちに指令速度まで達せず、図6(b)に破線で示すように速度は遅れ、位置偏差が図6(c)に示すように順次増大し、所定位置偏差( $V_{cmd}/K_p$ )になると、サーボモータの速度は指令速度(図6(b)の実線)に達し、その速度を維持し、サーボモータの実速度、位置偏差は一定となる。その結果、サーボモータの実際の位置(図6(a)の破線)は位置偏差分だけ指令位置から遅れて移動することになる。

【0009】 説明を簡単にするために一定速度の指令の場合について説明する。図7は図5で示す繰り返し制御を行なったときのシミュレーションにおけるサーボモータの位置、速度及び位置偏差を示す図である。繰り返し周期Lが経過する前までは、繰り返し制御が行われない状態と同一であるから図6で示す状態と同じであるが、繰り返し周期Lが経過すると(実際は動特性補償要素7で制御対象の位相遅れ補正分だけ、移動指令が進められているので、この位相遅れ分だけ前)、図7(c)に示すように補正データyが出力されるので、補正された位置偏差( $E+y$ )は図7(c)に示すように増大し、その

結果速度指令  $V_{cmd}$  も図 7 (b) に示すように増大する。そして、実際のモータ速度（図 7 (b) 破線）も増大し、サーボモータの最高速度を越えてしまうことがある。そして、サーボモータの実速度が増大することから、位置偏差  $E$  は図 7 (c) に示すように、減少する。以下、1 周期  $L$  になる毎に上記現象が生じるが、繰り返しコントローラ 1 の制御によって順次補正されて図 7 に示すように、速度変動、位置偏差  $E$  も小さくなり、補正された位置偏差は収束し、補正された指令速度も収束する。図 7 (a) に示すようにサーボモータの位置は指令位置に追従することになる。

【0010】以上のように、繰り返し制御を行なったとき、始めの 1 周期  $L$  が経過した直後において、補正された速度指令  $V_{cmd}$  が大きくなり、サーボモータの最高速度を越え、危険な状態を生じることがある。

【0011】そこで本発明の目的は、繰り返し制御を行なったときにサーボモータが最高速度を越えないように制御する繰り返し制御における速度制御方式を提供することにある。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】所定周期で繰り返される位置指令によってサーボモータを制御し、当該サンプリング時に対応する上記所定周期の 1 周期前の位置偏差に基づいて補正データを求め、該補正データで当該サンプリング時の位置偏差を補正する繰り返しコントローラを有したサーボモータの制御方式において、本発明は、上記補正された位置偏差に基づいて得られる速度指令が設定されたクランプ値を越えるときは、そのクランプ値を速度指令値として、サーボモータが所定速度を越えて駆動されないように制御する

#### 【0013】

【作用】補正された位置偏差に基づいて得られる速度指令が設定されたクランプ値を越えるときは、そのクランプ値を速度指令値とすることによって、シミュレーション結果を示す図 4 に示すように、補正された指令速度  $V_{cmd}$  がクランプされる結果、サーボモータの実速度はサーボモータの最高速度をこえることなく制御されることになる。ただし、補正された指令速度  $V_{cmd}$  をクランプすることによって、位置偏差  $E$ 、指令速度の収束に時間がかかるようになるが、収束した後は、位置偏差  $E$  はほぼ零となり、クランプしない場合と同等になる。

#### 【0014】

【実施例】図 1 は本発明の一実施例の繰り返し制御方式を適用したサーボモータの制御における要部ブロック図である。

【0015】図 1において、図 5 に示した従来の繰り返し制御を適用したサーボモータの制御方式と比べ、クランプ回路 8 が加わっている点が相違する。そして、図 5 に示す従来の方式と同一の要素は同一符号を付している。

【0016】繰り返しコントローラ 1 のサンプリング周期（位置・速度ループの処理周期）を  $T$ 、所定処理パターンで繰り返される位置指令  $r$  の周期を  $L$  とすると、遅れ要素 6 には  $L/T = N$  個のメモリを有し、1 周期  $L$  分の各サンプリングデータを記憶できるようになっており、各サンプリング時には一番古いデータを出力するようになっている。即ち、各サンプリング毎 1 番地シフトして 0 番地のメモリに入力データを格納し、 $N - 1$  番地のデータを出力する。その結果、遅れ要素 6 の出力は 1 周期  $L$  分遅れたデータが出力される。このデータに制御対象の位相遅れ、ゲイン低下が補償されて補正データ  $y$  を求め、位置偏差  $E$  に加算されることとなる。そのため、後述するように、周期  $L$  で同一パターンの位置指令  $r$  が与えられるから、位置指令  $r$  のパターン上において同一位置の補正データが位置偏差  $E$  に加算されることとなる。各サンプリング周期  $T$  ごとに位置指令  $r$  から実位置  $w$  を減じて位置偏差  $E$  を求め、該位置偏差  $E$  に 1 周期  $L$  前の当該サンプリング時に対応するデータ  $EL$ （メモリの  $N - 1$  番地に記憶するデータ）が加算され、その加算値に対して帯域制限フィルタ処理 5 が行われ、その出力をメモリの 0 番地に格納すると共にメモリ記憶内容を 1 番地づシフトする。

【0017】また、遅れ要素 6 の出力は動特性補償要素 7 で制御対象の位相遅れ、ゲイン以下が補償されて、繰り返しコントローラ 1 の出力  $y$  として出力され、該出力  $y$  が位置偏差  $E$  に加算されて、この加算データによって位置ループ処理が実行される。すなわち、上記加算データにポジションゲイン  $K_p$  を乗じて速度指令  $V_{cmd}$  が求められる。そして、本発明においては、この速度指令  $V_{cmd}$  をクランプ回路 8 に入力し、該クランプ回路 8 では予め設定されたクランプ値で上記速度指令  $V_{cmd}$  をクランプし、補正された速度指令  $V_{cmd}'$  を出力する。この補正された速度指令  $V_{cmd}'$  により従来と同様に速度ループ処理を実行し、トルク指令（電流指令）を求める、さらにはこのトルク指令に基づいて電流ループ処理を行ないサーボモータを制御することになる。

【0018】以上が本発明の作用の説明であるが、次に本発明の一実施例について説明する。

【0019】図 2 は、本発明を実施する工作機械のサーボモータ制御の一実施例のプロック図である。

【0020】図 2 中、2 0 は工作機械を制御する数値制御装置、2 1 は該数値制御装置 2 0 から出力される工作機械のサーボモータへの位置指令等を受信し、デジタルサーボ回路 2 2 のプロセッサに受け渡すための共有メモリ、2 2 はデジタルサーボ回路であり、プロセッサによってサーボモータ 2 4 の位置、位置、電流制御などを行うと共に繰り返し制御の処理をも行うものである。2 3 はトランジスタインバータ等で構成されるサーボアンプ、2 4 はサーボモータ、2 5 はサーボモータ 1 回当たりに所定数のフィードバックパルスを発生しデジタルサー

5

ボ回路22に出力するパルスコードである。なお、22aはデジタルサーボ回路22内に設けられているROM、RAMで構成されるメモリである。上記構成は工作機械等のサーボモータの制御において、デジタルサーボ回路として公知な事項であり、詳細な説明は省略する。

【0021】次に、デジタルサーボ回路22のプロセッサが行う処理における繰り返しコントローラ1の処理及び位置・速度ループ処理について説明する。なお、繰り返しコントローラ1の処理、及び速度ループ処理は従来の処理と同一であるので、詳細は省略する。

【0022】プロセッサはサンプリング周期（位置・速度ループ処理周期）Tごと図3にフローチャートで示す処理を実行し、まず、位置指令rからパルスコード25で検出されるモータの実位置mを減じて位置偏差Eを求め（ステップS1）、次に繰り返しコントローラ1の処理を実行する（ステップS2）。すなわち、遅れ要素のメモリの記憶データを1シフトし、且つ、遅れ要素のメモリのN-1番地から出力されるプリング周期TのN周期前のデータEL（繰り返される所定周期がLでサンプリング周期Tとし、 $L/T=N$ としているから、1周期L前の当該サンプリング周期に対応するデータELが読み出される）を加算し、加算されたデータに対してフィルタ処理を行なってメモリ0番地に格納する。また、N-1番地から出力されたデータELに対し制御対象の位相遅れ、ゲイン低下の補償処理がされて補正データyを求める。

【0023】次に、ステップS1で求めた位置偏差EにステップS2の繰り返しコントローラの処理によって求められた補正データyを加算し、この加算値にポジションゲインKpを乗じて速度指令Vcmdを求め（ステップS3）、該速度指令Vcmdの絶対値が設定されているクランプ値Vmaxを越えているか否か判断し（ステップS4）、越えていなければステップS8に進み、越えていれば、該速度指令Vcmdが正か否か判断し、正ならば速度指令Vcmdをクランプ値Vmaxにし、負ならば負のクランプ値-Vmaxにする（ステップS5～S7）。そして、ステップS8に進み、ステップS3で求めた速度指令若しくはステップS6、S7でクランプされた速度指令Vcmdに基づいて従来と同様の速度ループ処理を行ないトルク指令（電流指令）を求める。そして、求められたトルク指令を電流ループに引き渡し（ステップS9）、該位置・速度ループ処理周期の処理を終了する。

【0024】

6

【発明の効果】以上のように、本発明においては、繰り返し制御において、非常に大きな補正量が出力された場合でも、特に繰り返し制御開始から繰り返し周期1周期後に大きな補正量が出力されたとしても、その補正量で補正された速度指令を設定クランプ値でクランプするようとしたから、サーボモータの最高速度以上の速度でサーボモータが回転することを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の繰り返しコントローラ方式を適用したサーボモータの制御における要部ブロック図である。

【図2】同実施例を実施するサーボモータ制御部の要部ブロック図である。

【図3】同実施例におけるデジタルサーボ回路のプロセッサが位置・速度ループ処理周期毎実施する処理のフローチャートである。

【図4】同実施例のシミュレーションのサーボモータの位置、速度及び位置偏差を示す図である。

【図5】従来の繰り返しコントローラを適用した繰り返し制御を実施するサーボモータの制御における要部ブロック図である。

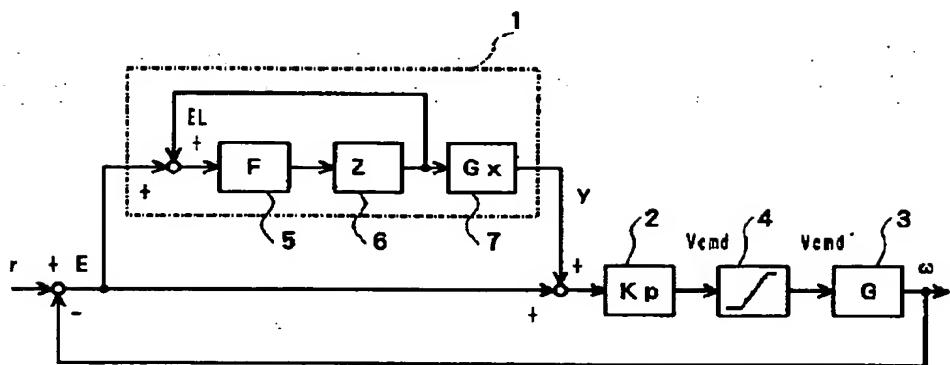
【図6】繰り返しコントローラの処理を行なわない従来の位置・速度・ループ処理によるサーボモータの制御のシミュレーションの位置、速度及び位置偏差を示す図である。

【図7】繰り返しコントローラの処理を行なった従来のサーボモータ制御のシミュレーションの位置、速度及び位置偏差を示す図である。

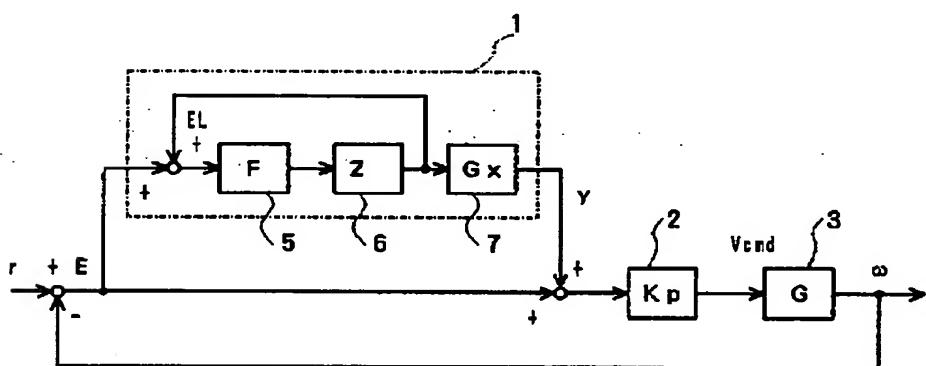
【符号の説明】

- |    |              |
|----|--------------|
| 30 | 1 繰り返しコントローラ |
|    | 2 位置ループ伝達関数  |
|    | 3 速度ループの伝達関数 |
|    | 4 クランプ回路     |
|    | 5 帯域制限フィルタ   |
|    | 6 遅れ要素       |
|    | 7 動特性補償要素    |
| 40 | 20 数値制御装置    |
|    | 21 共有メモリ     |
|    | 22 デジタルサーボ回路 |
|    | 23 サーボアンプ    |
|    | 24 サーボモータ    |
|    | 25 パルスコード    |

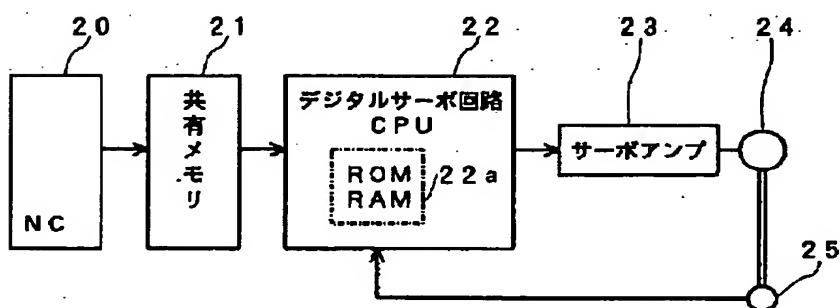
【図1】



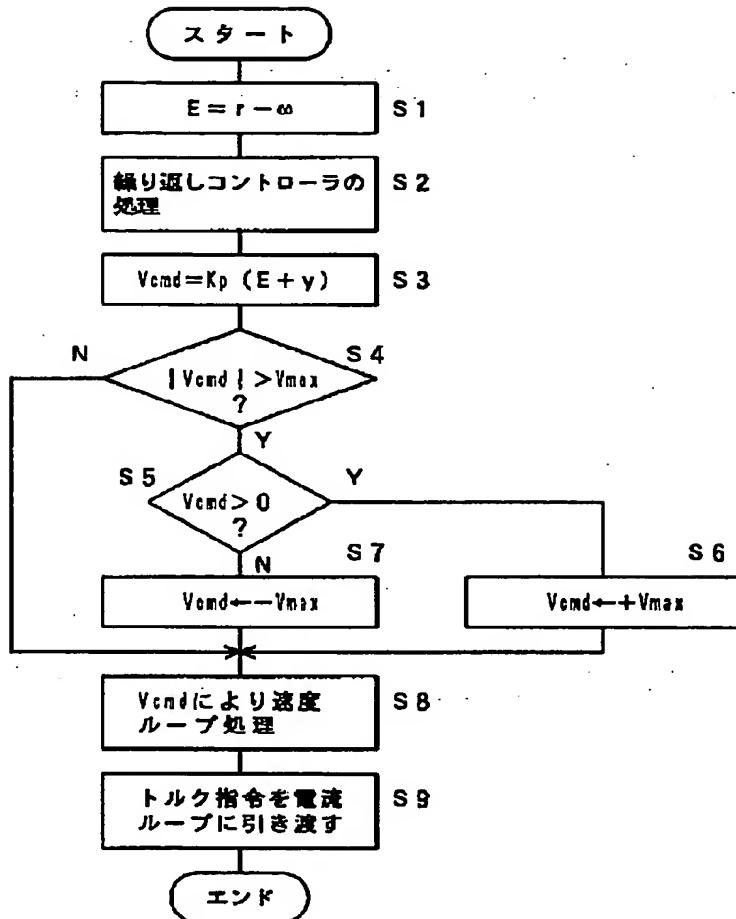
【図5】



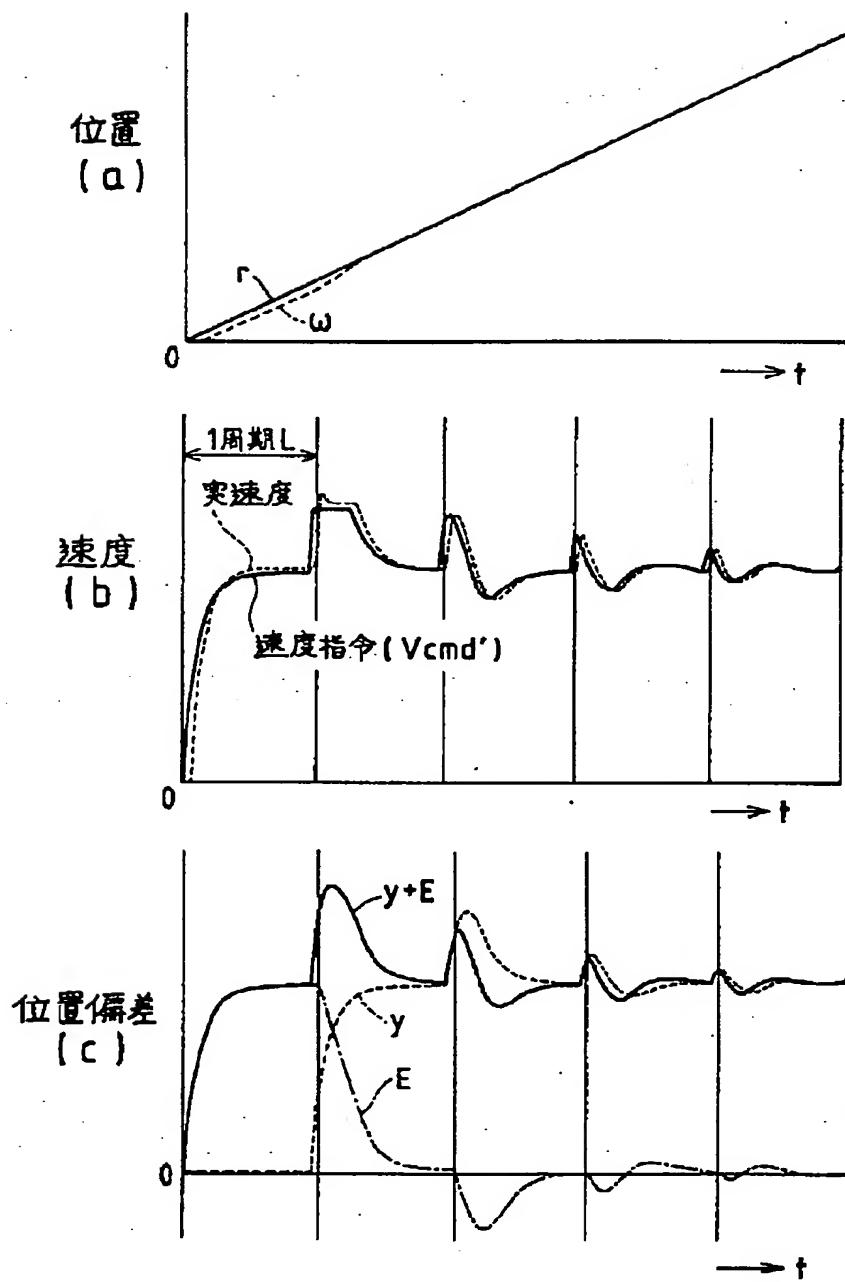
【図2】



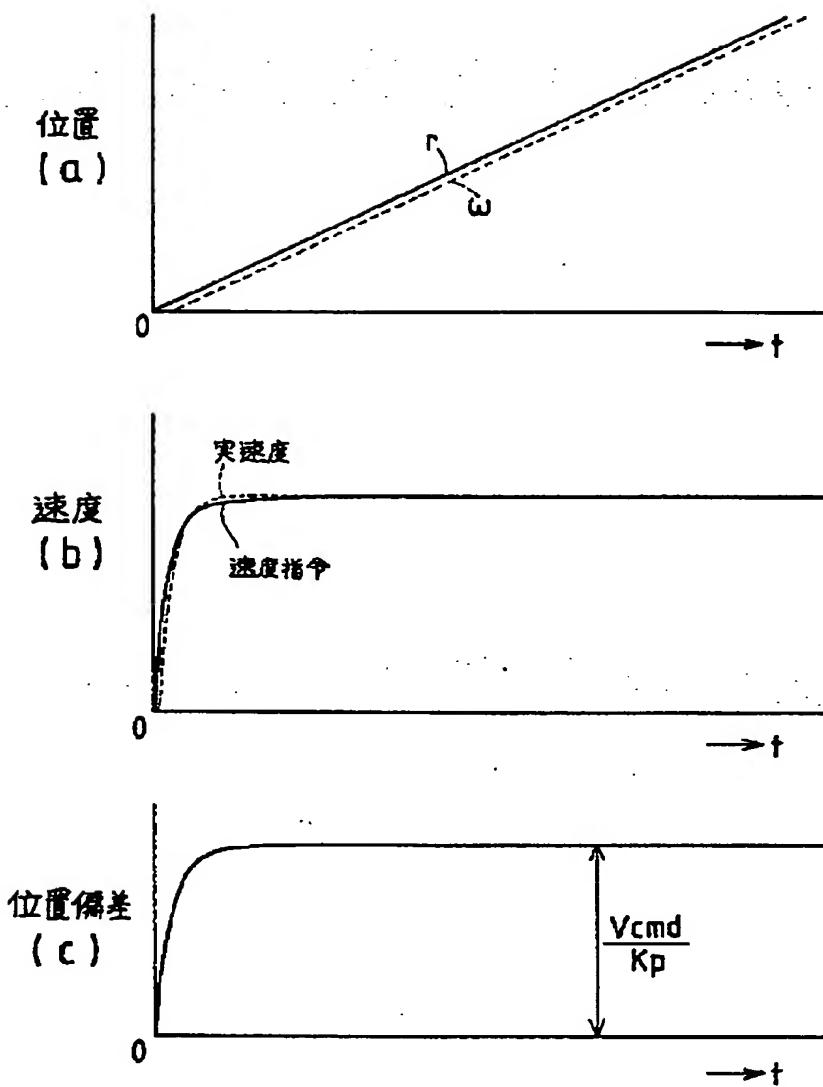
【図3】



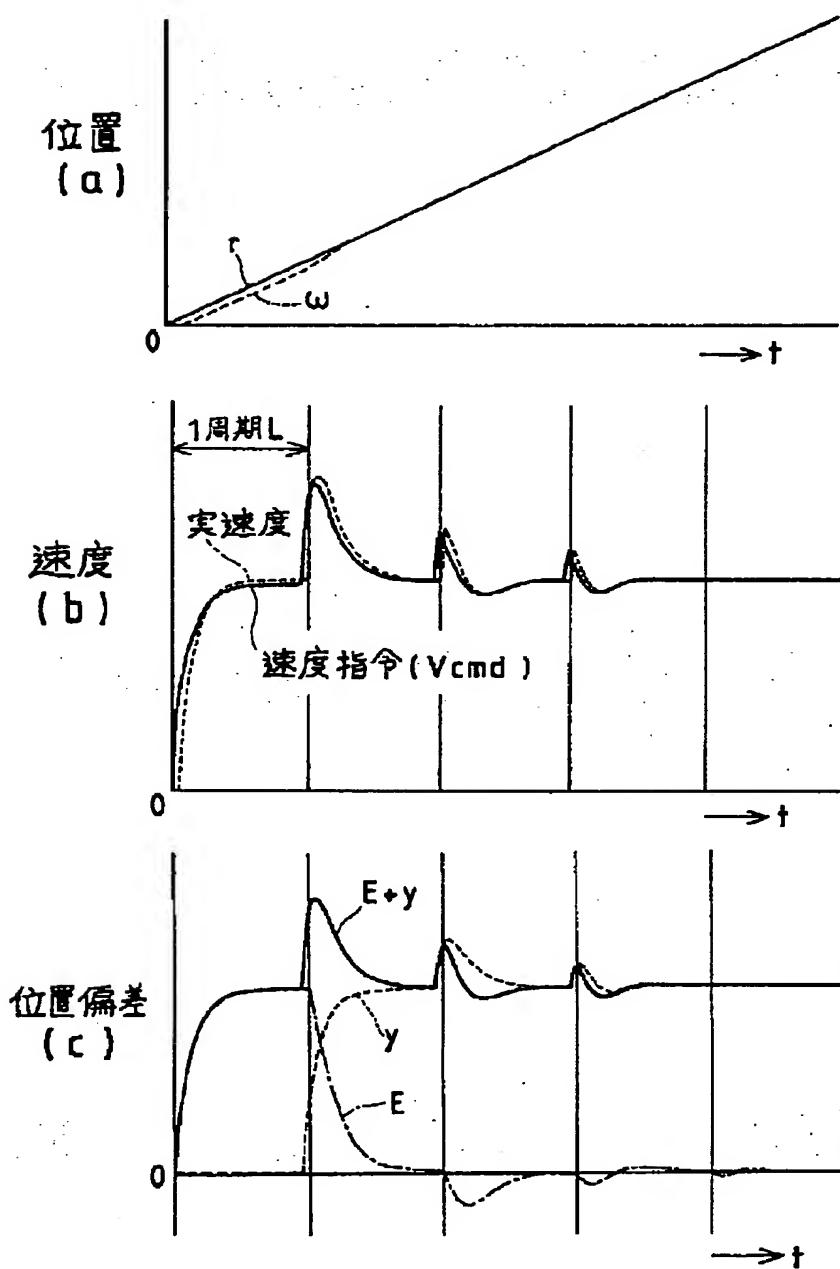
【図4】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 5

G 0 5 D 3/12

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

U 9179-3H

3 0 6 Z 9179-3H